

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-326670

(43)Date of publication of application : 26.11.1999

(51)Int.Cl.

G02B 6/16  
G02B 6/10  
G02B 6/18  
G02B 6/22  
// H04B 10/02  
H04B 10/18

(21)Application number : 10-351451

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 10.12.1998

(72)Inventor : KASHIWADA TOMONORI

ISHIKAWA SHINJI

ONISHI MASASHI

KATO TAKATOSHI

(30)Priority

Priority number : 10 70431 Priority date : 19.03.1998 Priority country : JP

## (54) PURE QUARTZ-GLASS CORE OPTICAL FIBER AND OPTICAL FIBER TRANSMISSION LINE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an optical fiber transmission line which has superior transmission characteristics in a 1.55  $\mu\text{m}$  wavelength band and the pure quartz-glass core optical fiber which is used suitably for this optical fiber transmission line.

**SOLUTION:** This optical fiber transmission line is an optical fiber transmission line between a transmitter 11 and a receiver 12 and constituted by cascading a pure quartz-glass core optical fiber 30 and a dispersion compensating means 40. The dispersion compensating means 40 compensates the wavelength dispersion of the pure quartz-glass core optical fiber 30. The pure quartz-glass core optical fiber 30 has its core area made of pure quartz-glass and its clad region made of quartz glass to which F elements are added, and the polarization mode dispersion of about 1.55  $\mu\text{m}$  in wavelength is about  $\leq 0.15 \text{ ps/km}^{1/2}$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.08.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 26.06.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

5  
/11

(19) 日本国特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-326670

(43) 公開日 平成11年 (1999) 11月26日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
G 0 2 B 6/16  
6/10  
6/18  
6/22  
// H 0 4 B 10/02

識別記号

F I

G 0 2 B 6/16  
6/10  
6/18  
6/22

C

H 0 4 B 9/00

M

審査請求 有 請求項の数5 OL (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-351451  
(22) 出願日 平成10年 (1998) 12月10日  
(31) 優先権主張番号 特願平10-70431  
(32) 優先日 平10 (1998) 3月19日  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

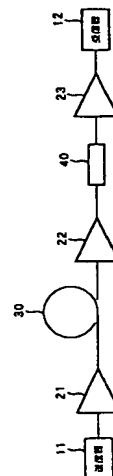
(71) 出願人 000002130  
住友電気工業株式会社  
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号  
(72) 発明者 柏田 智徳  
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内  
(72) 発明者 石川 真二  
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内  
(72) 発明者 大西 正志  
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内  
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外4名)  
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 純石英ガラスコア光ファイバおよび光ファイバ伝送路

(57) 【要約】

【課題】 波長1.55 $\mu$ m帯で伝送特性が優れた光ファイバ伝送路、および、この光ファイバ伝送路に好適に用いられる純石英ガラスコア光ファイバを提供する。

【解決手段】 本発明に係る光ファイバ伝送路は、送信器11と受信器12との間の光ファイバ伝送路であって、純石英ガラスコア光ファイバ30と分散補償手段40とが縦続接続されてなる。分散補償手段40は、純石英ガラスコア光ファイバ30の波長分散を補償する。純石英ガラスコア光ファイバ30は、コア領域が純石英ガラスからなり、クラッド領域がF元素添加の石英ガラスからなり、波長1.55 $\mu$ mにおける偏波モード分散が0.15ps/km<sup>1/2</sup>以下である。



FP04-0272-  
00WO-XX  
04.9.14  
SEARCH REPORT

【特許請求の範囲】

【請求項1】 コア領域が純石英ガラスからなり、クラッド領域がF元素添加の石英ガラスからなり、波長1.55  $\mu\text{m}$ における偏波モード分散が0.15 ps/km<sup>1/2</sup>以下であることを特徴とする純石英ガラスコア光ファイバ。

【請求項2】 コア領域が純石英ガラスからなり、クラッド領域がF元素添加の石英ガラスからなり、波長1.55  $\mu\text{m}$ における偏波モード分散が0.15 ps/km<sup>1/2</sup>以下である純石英ガラスコア光ファイバと、前記純石英ガラスコア光ファイバと連続接続され、前記純石英ガラスコア光ファイバの波長分散を補償する分散補償手段とを備えることを特徴とする光ファイバ伝送路。

【請求項3】 前記分散補償手段は、波長1.55  $\mu\text{m}$ において波長分散が負の値であることを特徴とする請求項2記載の光ファイバ伝送路。

【請求項4】 前記分散補償手段は、波長1.55  $\mu\text{m}$ において分散スロープが負の値であることを特徴とする請求項3記載の光ファイバ伝送路。

【請求項5】 前記分散補償手段は、波長1.55  $\mu\text{m}$ において波長分散が互いに略等しく分散スロープが互いに異なる2種の分散補償光ファイバが連続接続されてなることを特徴とする請求項2記載の光ファイバ伝送路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長1.55  $\mu\text{m}$ 帯の大容量・高速の光伝送システムに好適に用いることができる光ファイバ伝送路、および、この光ファイバ伝送路に好適に用いることができる純石英ガラスコア光ファイバに関するものである。

【0002】

【従来の技術】光伝送システムの大容量化・高速化を図るべく、波長1.55  $\mu\text{m}$ 帯の超高速TDM (Time Division Multiplexing) 光伝送システムの検討が進められている。この超高速TDM光伝送システムにおける高速化を実現する為には、ビットレートを高くすることが必要であり、さらに、その為には伝送の際の信号劣化を低減する必要がある。そして、信号劣化を低減するためには、光伝送システムにおける信号光伝送媒体である光ファイバ伝送路の波長分散および分散スロープができる限り小さいことが重要である。そこで、分散補償光ファイバ等の分散補償手段を光ファイバ伝送路に用いることで、光ファイバ伝送路の波長分散の低減が試みられている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、分散補償手段を光ファイバ伝送路に用いることにより光ファイバ伝送路の波長分散を低減することはできても、偏波モード分散が大きいと、やはり信号劣化が大きい。そこで、光ファイバ伝送路の波長分散だけでなく偏波モード

分散もできる限り小さいことが必要である。しかし、光ファイバ伝送路の波長分散および偏波モード分散の双方を低減することはできなかった。

【0004】本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、波長1.55  $\mu\text{m}$ 帯で伝送特性が優れた光ファイバ伝送路、および、この光ファイバ伝送路に好適に用いられる純石英ガラスコア光ファイバを提供することを目的とする。

【0005】

10 【課題を解決するための手段】本発明に係る純石英ガラスコア光ファイバは、コア領域が純石英ガラスからなり、クラッド領域がF元素添加の石英ガラスからなり、波長1.55  $\mu\text{m}$ における偏波モード分散が0.15 ps/km<sup>1/2</sup>以下であることを特徴とする。この純石英ガラスコア光ファイバが用いられた光ファイバ伝送路は、波長1.55  $\mu\text{m}$ 帯における波長分散および偏波モード分散の双方が低減され、さらに、波長1.55  $\mu\text{m}$ 帯における分散スロープも低減され得る。

20 【0006】本発明に係る光ファイバ伝送路は、(1) コア領域が純石英ガラスからなり、クラッド領域がF元素添加の石英ガラスからなり、波長1.55  $\mu\text{m}$ における偏波モード分散が0.15 ps/km<sup>1/2</sup>以下である純石英ガラスコア光ファイバと、(2) 純石英ガラスコア光ファイバと連続接続され、純石英ガラスコア光ファイバの波長分散を補償する分散補償手段とを備えることを特徴とする。この光ファイバ伝送路は、純石英ガラスコア光ファイバの波長1.55  $\mu\text{m}$ 帯における波長分散が分散補償手段により補償されて全体の波長分散が低減され、純石英ガラスコア光ファイバの偏波モード分散が小さいことから全体の波長1.55  $\mu\text{m}$ 帯における偏波モード分散も低減され、さらに、全体の波長1.55  $\mu\text{m}$ 帯における分散スロープも低減され得る。

30 【0007】特に、分散補償手段は、波長1.55  $\mu\text{m}$ において波長分散が負の値であるのが好適であり、さらに、波長1.55  $\mu\text{m}$ において分散スロープも負の値であるのも好適である。特に後者の場合には、純石英ガラスコア光ファイバの波長分散および分散スロープを補償するのに好適である。

40 【0008】また、分散補償手段は、波長1.55  $\mu\text{m}$ において波長分散が互いに略等しく分散スロープが互いに異なる2種の分散補償光ファイバが連続接続されてなるものであれば、純石英ガラスコア光ファイバにあわせて2種の分散補償光ファイバそれぞれの長さを調整することにより、光ファイバ伝送路全体の波長分散および分散スロープの双方を低減するのに好適である。

【0009】

50 【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。尚、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0010】先ず、本発明に係る純石英ガラスコア光ファイバ（PSF: Pure Silica Core Fiber）の実施形態について説明する。図1は、本実施形態に係る純石英ガラスコア光ファイバの屈折率プロファイル図である。この図に示す純石英ガラスコア光ファイバは、中心の光軸を含む径2aまでの領域がコア領域であり、そのコア領域の周囲がクラッド領域であって、コア領域は純石英ガラスからなり、クラッド領域はF元素が添加された石英ガラスからなる。コア領域の屈折率はクラッド領域の屈折率より高く、純石英ガラスの屈折率（図中で波線で示したレベル）を基準として、コア領域の比屈折率差は0であり、クラッド領域の比屈折率差は $\Delta^-$ （ $\Delta^- < 0$ ）である。

【0011】ところで、光ファイバ伝送路に用いられる光ファイバのようにコア領域とクラッド領域との間の比屈折率差が小さい光ファイバでは、コア領域に加えらる応力の非対称性に起因して複屈折が生じ、そして、この複屈折に因り偏波モード分散が大きくなる。しかし、従来より用いられているGe添加コア光ファイバと比べて、本実施形態に係る純石英ガラスコア光ファイバは、コア領域およびクラッド領域それぞれの熱膨張係数の差が小さいので、同じコア楕円率またはファイバ外形の楕円率であっても、応力の非対称性が小さく、偏波モード分散が小さい。さらに、ファイバ製造プロセスの際にコア楕円率およびファイバ外形の楕円率を低減することにより、本実施形態に係る純石英ガラスコア光ファイバは、偏波モード分散を小さくし、波長1.55 $\mu\text{m}$ における偏波モード分散を0.15ps/km<sup>1/2</sup>以下とするものである。

【0012】本発明に係る光ファイバ伝送路は、上記の純石英ガラスコア光ファイバと分散補償手段とが縦続接続されたものである。図2は、光ファイバ伝送路の構成図である。この図に示すように、光ファイバ伝送路は、送信器11と受信器12との間の光ファイバ伝送路であって、上記の純石英ガラスコア光ファイバ30と分散補償手段40とが縦続接続されてなり、途中で光増幅器21～23等が設けられていてもよい。ここで、分散補償手段40は、純石英ガラスコア光ファイバ30の波長分散を補償するものであり、例えば、波長1.55 $\mu\text{m}$ において波長分散が負の値である分散補償光ファイバ（DCF: Dispersion Compensating Fiber）、波長1.55 $\mu\text{m}$ において波長分散および分散スロープが共に負の値である分散補償光ファイバ、波長1.55 $\mu\text{m}$ において波長分散が互いに略等しく分散スロープが互いに異なる2種の分散補償光ファイバが縦続接続されてなるもの、または、光ファイバグレーティングが好適に用いられる。

【0013】次に、本発明に係る光ファイバ伝送路の第1の実施形態について説明する。図3は、第1の実施形態に係る光ファイバ伝送路の構成図である。本実施形態

に係る光ファイバ伝送路は、純石英ガラスコア光ファイバ31と分散補償光ファイバ41とが縦続接続されてなるものである。この分散補償光ファイバ41は、図4に屈折率プロファイルを示すようにマッチト型のものであり、外径2aのコア領域にGeO<sub>2</sub>が添加され、その周囲のクラッド領域にF元素が添加されて、純石英ガラスの屈折率（図中で波線で示したレベル）を基準として、コア領域の比屈折率差は $\Delta^+$ （ $\Delta^+ > 0$ ）であり、クラッド領域の比屈折率差は $\Delta^-$ （ $\Delta^- < 0$ ）である。これらの各パラメータを適切に設計することにより所望の特性が得られる。

【0014】図5は、第1の実施形態に係る光ファイバ伝送路を構成する各光ファイバそれぞれの各パラメータ（ $\Delta^+$ 、 $\Delta^-$ 、2a、長さ）および波長1.55 $\mu\text{m}$ における諸特性（波長分散、分散スロープ、伝送損失、偏波モード分散）をまとめた図表である。

【0015】純石英ガラスコア光ファイバ31は、コア領域の比屈折率差 $\Delta^+$ が0%であり、クラッド領域の比屈折率差 $\Delta^-$ が-0.35%であり、コア領域の外径2aが9.6 $\mu\text{m}$ であって、波長1.55 $\mu\text{m}$ において、波長分散が+17.2ps/nm/kmであり、分散スロープが+0.055ps/nm<sup>2</sup>/kmであり、伝送損失が0.175dB/kmであり、偏波モード分散が0.05ps/km<sup>1/2</sup>である。

【0016】一方、分散補償光ファイバ41は、コア領域の比屈折率差 $\Delta^+$ が2.5%であり、クラッド領域の比屈折率差 $\Delta^-$ が-0.35%であり、コア領域の外径2aが2.2 $\mu\text{m}$ であって、波長1.55 $\mu\text{m}$ において、波長分散が-93.56ps/nm/kmであり、分散スロープが+0.116ps/nm<sup>2</sup>/kmであり、伝送損失が0.446dB/kmであり、偏波モード分散が0.12ps/km<sup>1/2</sup>である。

【0017】このように、純石英ガラスコア光ファイバ31の偏波モード分散は0.15ps/km<sup>1/2</sup>以下である。純石英ガラスコア光ファイバ31の波長分散は正の値であり、分散補償光ファイバ41の波長分散は負の値である。また、純石英ガラスコア光ファイバ31の長さを82kmとし、分散補償光ファイバ41の長さを15.09kmとした。

【0018】図6は、第1の実施形態に係る光ファイバ伝送路の波長分散特性を示すグラフである。図6(a)は、純石英ガラスコア光ファイバ31の波長分散特性を示し、図6(b)は、分散補償光ファイバ41の波長分散特性を示し、図6(c)は、本実施形態に係る光ファイバ伝送路の波長分散特性を示す。本実施形態に係る光ファイバ伝送路は、波長1.55 $\mu\text{m}$ において、波長分散が+0.001ps/nm/kmであり、分散スロープが+0.064ps/nm<sup>2</sup>/kmであり、偏波モード分散が0.06ps/km<sup>1/2</sup>である。このように、本実施形態に係る光ファイバ伝送路は、波長分散が低減

されただけでなく、偏波モード分散も低い。

【0019】次に、本発明に係る光ファイバ伝送路の第2の実施形態について説明する。第2の実施形態に係る光ファイバ伝送路の構成は、図3に示したものと同様であり、純石英ガラスコア光ファイバ31と分散補償光ファイバ41とが縦続接続されてなるものである。ただし、本実施形態では、分散補償光ファイバ41は、図7に屈折率プロファイルを示すように2重クラッド型のものであり、外径2aのコア領域に $\text{GeO}_2$ が添加され、その周囲の外径2bのディプレスト領域（第1クラッド領域）にF元素が添加され、更にその周囲の第2クラッド領域が純石英ガラスとされて、第2クラッドの屈折率を基準として、コア領域の比屈折率差は $\Delta^+$ （ $\Delta^+ > 0$ ）であり、第1クラッド領域の比屈折率差は $\Delta^-$ （ $\Delta^- < 0$ ）である。これらの各パラメータを適切に設計することにより所望の特性が得られる。

【0020】図8は、第2の実施形態に係る光ファイバ伝送路を構成する各光ファイバそれぞれの各パラメータ（ $\Delta^+$ 、 $\Delta^-$ 、2a、2b、長さ）および波長1.55  $\mu\text{m}$ における諸特性（波長分散、分散スロープ、伝送損失、偏波モード分散）をまとめた図表である。

【0021】純石英ガラスコア光ファイバ31は、コア領域の比屈折率差 $\Delta^+$ が0%であり、クラッド領域の比屈折率差 $\Delta^-$ が-0.35%であり、コア領域の外径2aが9.6  $\mu\text{m}$ であって、波長1.55  $\mu\text{m}$ において、波長分散が+17.21  $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ であり、分散スロープが+0.055  $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ であり、伝送損失が0.175  $\text{dB}/\text{km}$ であり、偏波モード分散が0.05  $\text{ps}/\text{km}^{1/2}$ である。

【0022】一方、分散補償光ファイバ41は、コア領域の比屈折率差 $\Delta^+$ が2.55%であり、第1クラッド領域の比屈折率差 $\Delta^-$ が-0.44%であり、コア領域の外径2aが2.5  $\mu\text{m}$ であり、第1クラッド領域の外径2bが8.0  $\mu\text{m}$ であって、波長1.55  $\mu\text{m}$ において、波長分散が-130.69  $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ であり、分散スロープが-0.46  $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ であり、伝送損失が0.570  $\text{dB}/\text{km}$ であり、偏波モード分散が0.15  $\text{ps}/\text{km}^{1/2}$ である。

【0023】このように、純石英ガラスコア光ファイバ31の偏波モード分散は0.15  $\text{ps}/\text{km}^{1/2}$ 以下である。純石英ガラスコア光ファイバ31の波長分散および分散スロープは双方とも正の値であり、分散補償光ファイバ41の波長分散および分散スロープは双方とも負の値である。また、純石英ガラスコア光ファイバ31の長さを80  $\text{km}$ とし、分散補償光ファイバ41の長さは10.53  $\text{km}$ とした。分散補償光ファイバ41の長さは、長さ80  $\text{km}$ の純石英ガラスコア光ファイバ31の波長1.55  $\mu\text{m}$ における総波長分散を補償するよう設定された。

【0024】図9は、第2の実施形態に係る光ファイバ

伝送路の波長分散特性を示すグラフである。図9(a)は、純石英ガラスコア光ファイバ31の波長分散特性を示し、図9(b)は、分散補償光ファイバ41の波長分散特性を示し、図9(c)は、本実施形態に係る光ファイバ伝送路の波長分散特性を示す。本実施形態に係る光ファイバ伝送路は、波長1.55  $\mu\text{m}$ において、波長分散が+0.005  $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ であり、分散スロープが-0.005  $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ であり、偏波モード分散が0.08  $\text{ps}/\text{km}^{1/2}$ である。このように、本実施形態に係る光ファイバ伝送路も、波長分散が低減されただけでなく、偏波モード分散も低い。

【0025】次に、本発明に係る光ファイバ伝送路の第3の実施形態について説明する。図10は、第3の実施形態に係る光ファイバ伝送路の構成図である。本実施形態に係る光ファイバ伝送路は、純石英ガラスコア光ファイバ32、33と分散補償光ファイバ42、43とが縦続接続されてなるものである。この分散補償光ファイバ42、43それぞれは、図7に屈折率プロファイルを示した2重クラッド型のものである。

【0026】図11は、第3の実施形態に係る光ファイバ伝送路を構成する各光ファイバそれぞれの各パラメータ（ $\Delta^+$ 、 $\Delta^-$ 、2a、2b、長さ）および波長1.55  $\mu\text{m}$ における諸特性（波長分散、分散スロープ、伝送損失、偏波モード分散）をまとめた図表である。

【0027】純石英ガラスコア光ファイバ32は、コア領域の比屈折率差 $\Delta^+$ が0%であり、クラッド領域の比屈折率差 $\Delta^-$ が-0.37%であり、コア領域の外径2aが9.6  $\mu\text{m}$ であって、波長1.55  $\mu\text{m}$ において、波長分散が+18.19  $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ であり、分散スロープが+0.057  $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ であり、伝送損失が0.172  $\text{dB}/\text{km}$ であり、偏波モード分散が0.01  $\text{ps}/\text{km}^{1/2}$ である。また、純石英ガラスコア光ファイバ33は、コア領域の比屈折率差 $\Delta^+$ が0%であり、クラッド領域の比屈折率差 $\Delta^-$ が-0.35%であり、コア領域の外径2aが9.7  $\mu\text{m}$ であって、波長1.55  $\mu\text{m}$ において、波長分散が+17.76  $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ であり、分散スロープが+0.055  $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ であり、伝送損失が0.179  $\text{dB}/\text{km}$ であり、偏波モード分散が0.03  $\text{ps}/\text{km}^{1/2}$ である。

【0028】一方、分散補償光ファイバ42は、コア領域の比屈折率差 $\Delta^+$ が2.1%であり、第1クラッド領域の比屈折率差 $\Delta^-$ が-0.35%であり、コア領域の外径2aが2.9  $\mu\text{m}$ であり、第1クラッド領域の外径2bが8.3  $\mu\text{m}$ であって、波長1.55  $\mu\text{m}$ において、波長分散が-96.14  $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ であり、分散スロープが-0.403  $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ であり、伝送損失が0.472  $\text{dB}/\text{km}$ であり、偏波モード分散が0.11  $\text{ps}/\text{km}^{1/2}$ である。また、分散補償光ファイバ43は、コア領域の比屈折率差 $\Delta^+$ が2.

5%であり、第1クラッド領域の比屈折率差 $\Delta n$ が0.35%であり、コア領域の外径 $2a$ が $2.6\mu\text{m}$ であり、第1クラッド領域の外径 $2b$ が $7.5\mu\text{m}$ であって、波長 $1.55\mu\text{m}$ において、波長分散が $-97.41\text{ps/nm/km}$ であり、分散スロープが $-0.220\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であり、伝送損失が $0.550\text{dB/km}$ であり、偏波モード分散が $0.13\text{ps/km}^{1/2}$ である。

【0029】このように、純石英ガラスコア光ファイバ32および33それぞれの偏波モード分散は $0.15\text{ps/km}^{1/2}$ 以下である。純石英ガラスコア光ファイバ32および33それぞれは、波長分散および分散スロープの双方が正の値であり、分散補償光ファイバ42および43それぞれは、波長分散および分散スロープの双方が負の値である。分散補償光ファイバ42および43それぞれの波長分散は互いに略等しいが、分散スロープは互いに異なる。また、純石英ガラスコア光ファイバ32および33それぞれの長さを $20.94\text{km}$ 、 $37.38\text{km}$ とし、分散補償光ファイバ42および43それぞれの長さを $3.96\text{km}$ 、 $6.81\text{km}$ とした。

【0030】図12は、第3の実施形態に係る光ファイバ伝送路の波長分散特性を示すグラフであり、図13は、第3の実施形態に係る光ファイバ伝送路の分散スロープ特性を示すグラフである。本実施形態に係る光ファイバ伝送路は、波長 $1.55\mu\text{m}$ において、波長分散が $+0.008\text{ps/nm/km}$ であり、分散スロープが $+0.002\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であり、偏波モード分散が $0.02\text{ps/km}^{1/2}$ である。このように、本実施形態に係る光ファイバ伝送路は、純石英ガラスコア光ファイバにあって2種の分散補償光ファイバそれぞれの長さを調整したことにより、波長分散および分散スロープの双方が共に低減されただけでなく、偏波モード分散も低い。

【0031】また、以上のように本実施形態では、波長 $1.55\mu\text{m}$ において波長分散が互いに略等しく分散スロープが互いに異なる2種の分散補償光ファイバ42、43が連続接続されて分散補償手段が構成されていることを特徴としている。したがって、実際には純石英ガラスコア光ファイバ32、33それぞれの分散特性にバラツキがあるが、純石英ガラスコア光ファイバ32、33それぞれの実際の分散特性および長さに合わせて分散補償光ファイバ42、43それぞれの長さを調整することにより、純石英ガラスコア光ファイバ32、33の波長分散および分散スロープの双方を略完全に補償することが可能となる。

【0032】本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく種々の変形が可能である。例えば、分散補償光ファイバの屈折率プロファイルは、上述したマッチト型や2重クラッド型に限られるものではなく、ディプレスト領域（第1クラッド領域）の周囲に高屈折率のリング

コア領域を更に有する3重クラッド型等であってもよい。

【0033】

【発明の効果】以上、詳細に説明したとおり、本発明に係る純石英ガラスコア光ファイバは、コア領域が純石英ガラスからなり、クラッド領域がF元素添加の石英ガラスからなり、波長 $1.55\mu\text{m}$ における偏波モード分散が $0.15\text{ps/km}^{1/2}$ 以下であるので、この純石英ガラスコア光ファイバが用いられた光ファイバ伝送路は、波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯における偏波モード分散が低減され得る。

【0034】また、本発明に係る光ファイバ伝送路は、上記の純石英ガラスコア光ファイバと分散補償手段とが連続接続されてなり、純石英ガラスコア光ファイバの波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯における波長分散が分散補償手段により補償されて全体の波長分散が低減され、純石英ガラスコア光ファイバの偏波モード分散が小さいことから全体の波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯における偏波モード分散も低減される。

20 【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態に係る純石英ガラスコア光ファイバの屈折率プロファイル図である。

【図2】光ファイバ伝送路の構成図である。

【図3】第1および第2の実施形態それぞれに係る光ファイバ伝送路の構成図である。

【図4】第1の実施形態に係る光ファイバ伝送路を構成する分散補償光ファイバの屈折率プロファイル図である。

30 【図5】第1の実施形態に係る光ファイバ伝送路を構成する各光ファイバそれぞれの各パラメータおよび波長 $1.55\mu\text{m}$ における諸特性をまとめた図表である。

【図6】第1の実施形態に係る光ファイバ伝送路の波長分散特性を示すグラフである。

【図7】第2および第3の実施形態それぞれに係る光ファイバ伝送路を構成する分散補償光ファイバの屈折率プロファイル図である。

【図8】第2の実施形態に係る光ファイバ伝送路を構成する各光ファイバそれぞれの各パラメータおよび波長 $1.55\mu\text{m}$ における諸特性をまとめた図表である。

40 【図9】第2の実施形態に係る光ファイバ伝送路の波長分散特性を示すグラフである。

【図10】第3の実施形態に係る光ファイバ伝送路の構成図である。

【図11】第3の実施形態に係る光ファイバ伝送路を構成する各光ファイバそれぞれの各パラメータおよび波長 $1.55\mu\text{m}$ における諸特性をまとめた図表である。

【図12】第3の実施形態に係る光ファイバ伝送路の波長分散特性を示すグラフである。

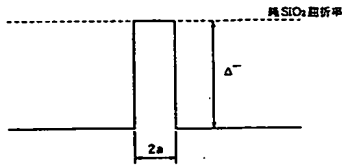
50 【図13】第3の実施形態に係る光ファイバ伝送路の分散スロープ特性を示すグラフである。

## 【符号の説明】

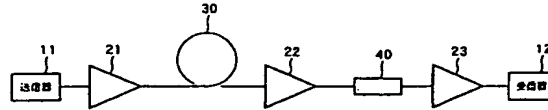
11…送信器、12…受信器、21～23…光増幅器、

30～33…純石英ガラスコア光ファイバ、40…分散補償手段、41～43…分散補償光ファイバ。

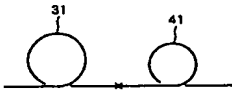
【図1】



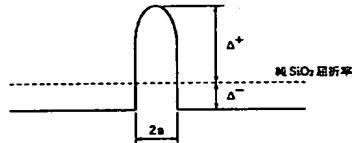
【図2】



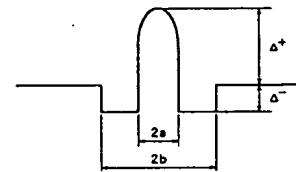
【図3】



【図4】



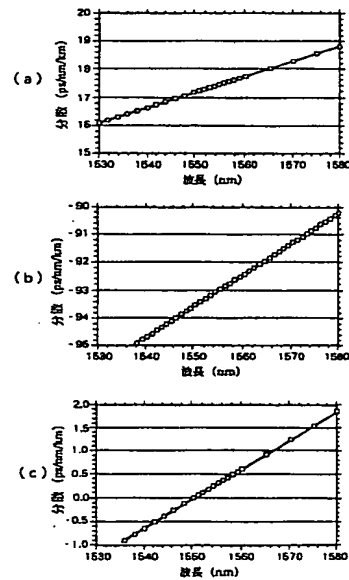
【図7】



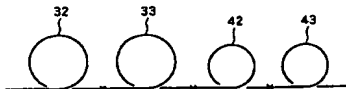
【図5】

	純石英ガラスコア 光ファイバ	分散補償光ファイバ
$\Delta^+$	(%) 0	2.5
$\Delta^-$	(%) -0.35	-0.35
2a	( $\mu\text{m}$ ) 8.6	2.2
数値分散	(ps/nm/km) +17.2	-93.58
分散スロープ	(ps/nm <sup>2</sup> /km) +0.055	+0.118
伝送損失	(dB/km) 0.173	0.446
伝送モード分散	(ps/km <sup>1/2</sup> ) 0.05	0.12
長さ	(km) 82	15.09

【図6】



【図10】

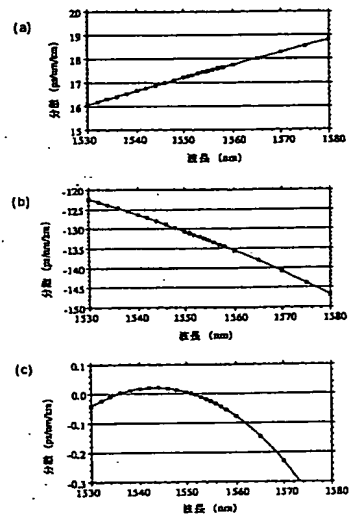




【図8】

		純石英ガラスコア 光ファイバ	分散補償光ファイバ
$\Delta^+$	(%)	0	2.55
$\Delta^-$	(%)	-0.35	-0.44
2a	( $\mu\text{m}$ )	9.6	2.5
2b	( $\mu\text{m}$ )	—	8.0
波長分散	(ps/nm/km)	+17.21	-130.69
分散スロープ	(ps/nm <sup>2</sup> /km)	+0.055	-0.46
伝送損失	(dB/km)	0.175	0.570
偏波モード分散	(ps/km <sup>1/2</sup> )	0.05	0.15
長さ	(km)	80	10.53

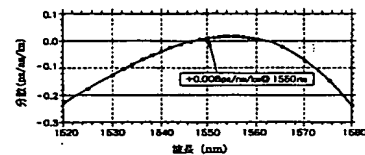
【図9】



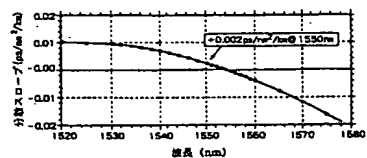
【図11】

		純石英ガラスコア 光ファイバ		分散補償光ファイバ	
		PSF32	PSF33	DCF43	DCF44
$\Delta^+$	(%)	0	0	2.1	2.5
$\Delta^-$	(%)	-0.37	-0.35	-0.35	-0.35
2a	( $\mu\text{m}$ )	9.6	9.7	2.9	2.6
2b	( $\mu\text{m}$ )	—	—	8.2	7.5
波長分散	(ps/nm/km)	+18.18	+17.76	-96.14	-97.41
分散スロープ	(ps/nm <sup>2</sup> /km)	+0.057	+0.055	-0.603	-0.220
伝送損失	(dB/km)	0.172	0.178	0.472	0.550
偏波モード分散	(ps/km <sup>1/2</sup> )	0.01	0.02	0.11	0.13
長さ	(km)	20.94	37.38	3.96	6.81

【図12】



【図13】



フロントページの続き

(8)

特開平 11-326670

13

14

(72)発明者 加藤 考利  
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内